

Литература

1. Fenimore E.E. Coded Aperture Imaging with Uniformly Redundant Arrays [текст] / Fenimore E.E. Cannon T.M. // Applied Optics, 1978, v.17, No.3, pp.337-347.
2. Proctor R.J. The Design of Optimum Coded Mask X-Ray Telescopes [текст] / Proctor R.J., Skinner G.K., Willmore A.P. // Monthly Notes of Royal Astronomical Society, 1979, v.187, pp. 663-643.
3. Gottesman S. R. New family of binary arrays for coded aperture imaging [текст] / S. R. Gottesman, E. E. Fenimore // Applied Optics, 1989. - Vol. 28, No. 20. - pp. 4344-4352.
4. T.M. Cannon Tomographical Imaging Using Uniformly Redundant Arrays [текст] / T.M. Cannon, E.E. Fenimore // Applied Optics, 1979, v. 18, No.7, p.1052-1057.
5. R.Accorsi. Design of Near-Field Coded Aperture Cameras for High-Resolution Medical and Industrial Gamma-Ray Imaging [текст] // Massachusetts Institute of Technology. Ph.D. Thesis. July, 31, 2001.
6. Coded Aperture Imaging with Application to Fast Neutron Analysis and to Nuclear Medicine Imaging: Technique with Applicability to Supply Reduction and to Demand Reduction [текст]: 2001 ONDCP Technology Symposium. June 25-28, San Diego, California: R.Accorsi, F.Gasparini, R.C.Lanza.
7. Geant4: a toolkit for the simulation of the passage of particles through matter [электронный ресурс]. - Electronic text data. Geneva: Switzerland, 2009. - Mode of the access: <http://geant4.cern.ch>.

У статті вирішується завдання дослідження програмно-аналітичної моделі детектору прихованих порожнин, розробленої для моделювання різних геометрій перешкод та закладок з ціллю оцінки можливості використання зареєстрованої швидкості рахунку для детектування наявності закладок, та їх ідентифікації

Ключові слова: детектор прихованих порожнин, моделювання, ідентифікація

В статье решается задача исследования программно-аналитической модели детектора скрытых пустот, разработанной для моделирования разных геометрий преград и закладок с целью оценки возможности использования регистрируемой скорости счета для определения наличия закладок и их идентификации

Ключевые слова: детектор скрытых пустот, моделирование, идентификация

In the article the study of software simulation of hidden cavities' detector is performed. The model is designed to simulate the detector response for different geometries of obstacles and types of objects behind these obstacles, with the goal of determining the possibility of detection and identification of objects using the registered count rate only

Keywords: hidden cavities' detector, simulation, identification

УДК 539.12.07

ОБНАРУЖЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ СКРЫТЫХ ПРЕДМЕТОВ ПО СКОРОСТИ СЧЕТА СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫМ ДЕТЕКТОРОМ

Е. Г. Ярошук

Младший научный сотрудник*

Контактный тел.: 093-360-76-60

E-mail: zfx90@mail.ru

Е. А. Краснощек

Младший научный сотрудник*

Контактный тел.: 066-986-84-43

E-mail: official@iskra.lugansk.ua

А. В. Калюжный

Заведующий лабораторией*

Контактный тел.: 095-344-80-32

E-mail: kalyuchiy@yandex.ru

П. Ю. Войлов

Заведующий лабораторией*

Контактный тел.: 066-770-98-44

E-mail: br_rkka@vi-ewizard.com

*Научно - исследовательский и проектно - конструкторский институт «Искра»

ул. Звейненка, 145с, г. Луганск, 91033

Введение

При проведении досмотрового контроля транспортных средств, для быстрого обнаружения не-

санкционированных вложений внутри естественных (технологических) и искусственных полостей транспортных средств, государственными силовыми структурами все чаще применяются портативные

носимые радиоизотопные приборы. Принцип их работы основан на регистрации аномального изменения плотности потока гамма-излучения рассеянного в обратную сторону при сканировании вдоль поверхности контролируемого объекта [1, 2]. Достоинствами приборов такого класса, являются: односторонний доступ к объекту контроля, простота в использовании, высокая вероятность обнаружения, возможность работы с преградами из различных материалов. Основной недостаток – наличие источника ионизирующего излучения.

Отличительной особенностью приборов подобного класса является то, что они работают в счетном режиме. Инновационной идеей является применение в алгоритме работы прибора как счетного, так и спектрометрического режима, который позволит не только определить наличие несанкционированной закладки в определенном месте, но и идентифицировать ее по спектральным характеристикам. Для этого необходима полная модернизация или даже разработка нового поколения приборов подобного класса.

В процессе разработки, тестирования и усовершенствования такого досмотрового прибора (детектора скрытых пустот), необходимо иметь значительный объем экспериментальных данных, представляющих большой диапазон геометрий измерений. Очевидно, экспериментальное получение такого объема данных связано с огромными временными и материальными затратами, причем некоторые типовые ситуации получить в реальных условиях иногда не представляется возможным. Единственной альтернативой в данном случае является имитационное моделирование, с помощью которого можно (с известной погрешностью) получить отклик системы в любой геометрии эксперимента.

Целью данной статьи является выяснение возможности определения наличия закладок, и их идентификации, за различными типами преград, используя регистрируемую скорость счета импульсов.

Для достижения поставленной цели решается задача исследования программно-аналитической модели детектора скрытых пустот, разработанной для моделирования различных геометрий преград и закладок (для различных материалов), заключающаяся в имитации процесса измерения, построении и анализе доверительных интервалов скоростей счета, полученных в результате имитационных экспериментов.

Экспериментальная часть

Для проведения имитационного моделирования была разработана программно-аналитическая модель детектора скрытых пустот в среде GEANT4 (институт CERN)[3]. Моделируемая геометрия включает в себя следующие объекты: преграда из некоторого материала (моделировались алюминий, полипропилен, силикатный кирпич, бетон, сталь и дерево), в которой на некоторой глубине находится воздушная полость (прямоугольный параллелепипед размерами 75×75×75 мм).

В полости, в зависимости от опыта, может помещаться закладка (также прямоугольный параллелепипед, размерами 50×50×50мм, моделировались кокаин,

серебро и платина), причем одной своей гранью закладка соприкасается с преградой.

Моделировался сцинтилляционный детектор (кристалл NaI, Ø40мм, h = 5мм) в дюралевом корпусе (толщина 1мм) со светоотражающей засыпкой (порошок MgO толщиной 1мм), в свинцовой защите (толщина 10мм, кроме грани соприкасающейся с преградой). Детектор располагался на одной оси с закладкой. Между детектором и преградой находится слой из полипропилена толщиной 2 мм имитирующий корпус прибора.

Источник ^{133}Ba находится в осевом цилиндрическом канале (Ø4мм) свинцового коллиматора (Ø55мм), расположенного под углом 45° к плоскости корпуса прибора и детектора и на расстоянии 80 мм от оси последнего. Такой угол выбран в результате предварительного моделирования, поскольку для данного расположения элементов геометрии дает максимально полный сбор детектором рассеянного излучения и минимальный – прямого.

Схема модели представлена на рис. 1.

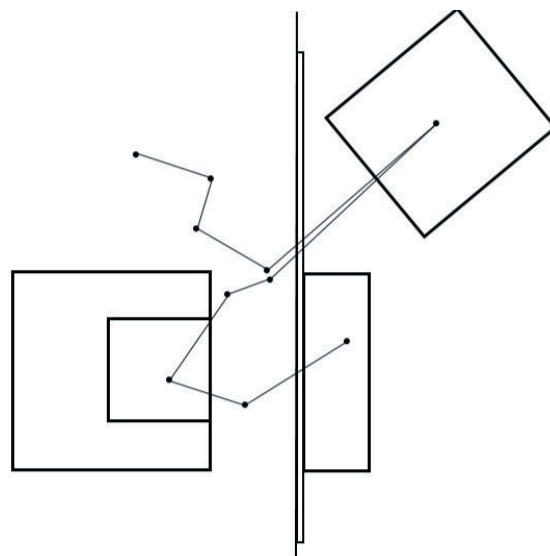


Рис. 1. Схема моделируемой системы

Помимо указанных материалов закладки, моделировались также случаи отсутствия закладки в воздушной полости, а также отсутствия самой полости (сплошная преграда). Толщина преграды была 5, 10 и 15 мм.

Моделировался источник активностью $2.08 \times 10^7 \text{ Бк}$. Гипотеза нормальности распределения скорости счета для одинаковых геометрий не была отвергнута, для построения доверительных интервалов было проведено по 10 опытов в каждой геометрии. Полученные результаты сравнения расчетных интервалов представлены на рис. 2-7, на которых используются следующие обозначения:

- линия – полость (с закладкой) расположена на глубине 5 мм;
- пунктир – полость расположена на глубине 10 мм;
- штрих пунктир – полость расположена на глубине 15 мм;
- штрих – преграда без закладок.

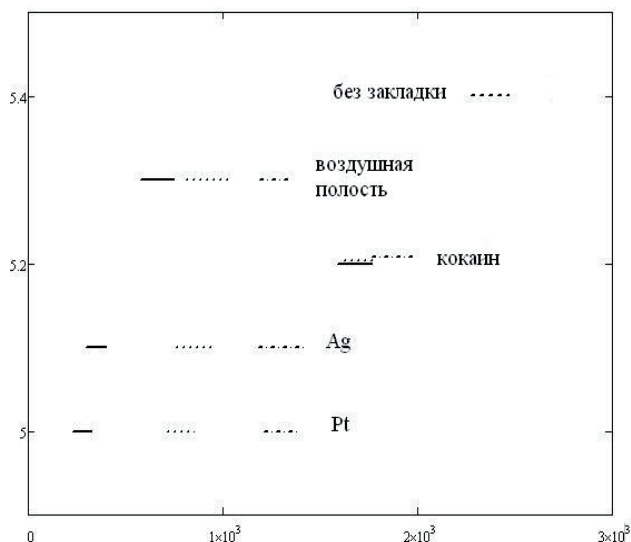


Рис. 2. Доверительные интервалы в преграде из алюминия

Из рис. 2 (алюминий) видно, что при глубине закладки 5 мм для платины, серебра, кокаина можно определить само наличие закладки, а также можно идентифицировать кокаин (но не отделить серебро от платины). При глубине заложения 10 мм и 15 мм кокаин по-прежнему хорошо различим, однако невозможно разделить серебряную, платиновую закладки друг от друга и от пустой полости, однако все они достаточно хорошо различимы от сплошной преграды.

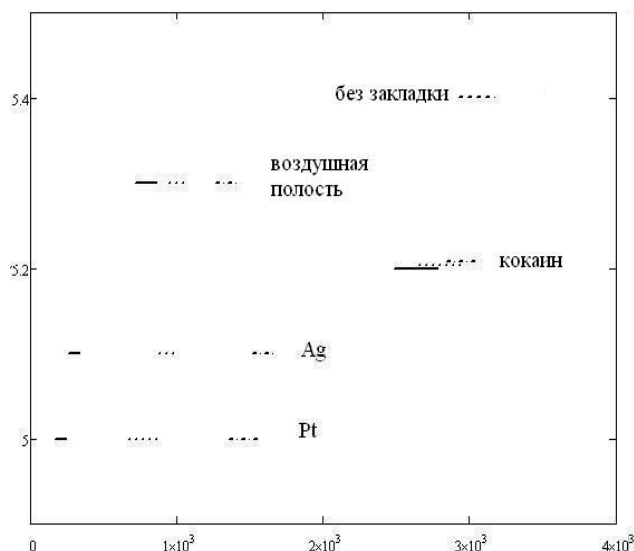


Рис. 3. Доверительные интервалы в преграде из полипропилена

Из рис. 3 (полипропилен) видно, что при глубине закладок 5 мм хорошо различимы друг от друга все типы представленных закладок. При глубине закладок 10 мм невозможно разделить закладки из платины и серебра от полости без закладки. Закладка из кокаина плохо различима от сплошной преграды, но хорошо различима относительно остальных закладок. При глубине 15 мм плохо различимы закладки из серебра и платины, и кокаин неотличим от преграды (однако хорошо отличим от полости).

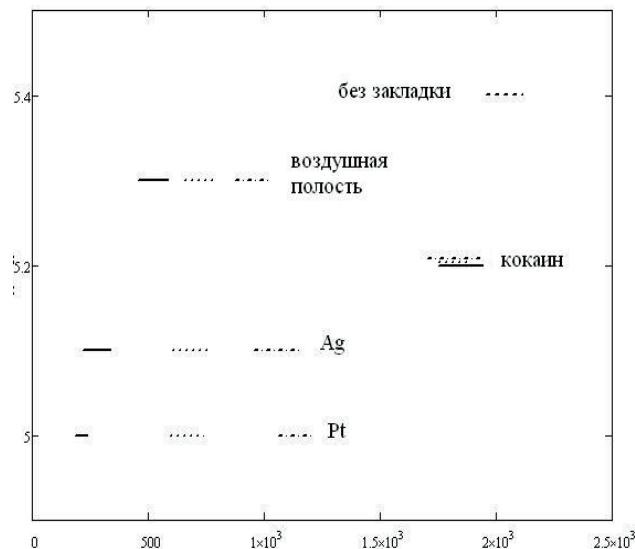


Рис. 4. Доверительные интервалы закладок в преграде из силикатного кирпича

Из рис. 4 (кирпич) видно, что при глубине закладок 5 мм закладки различимы друг от друга, кроме платины и серебра.

При глубине 10 мм закладки из воздуха, серебра и платины не различимы друг от друга, а закладка из кокаина хорошо разделяема от других типов закладок.

При глубине 15 мм закладки из платины, серебра и воздушная и воздушная полость близки друг к другу, однако закладка из кокаина по-прежнему хорошо различима относительно других закладок.

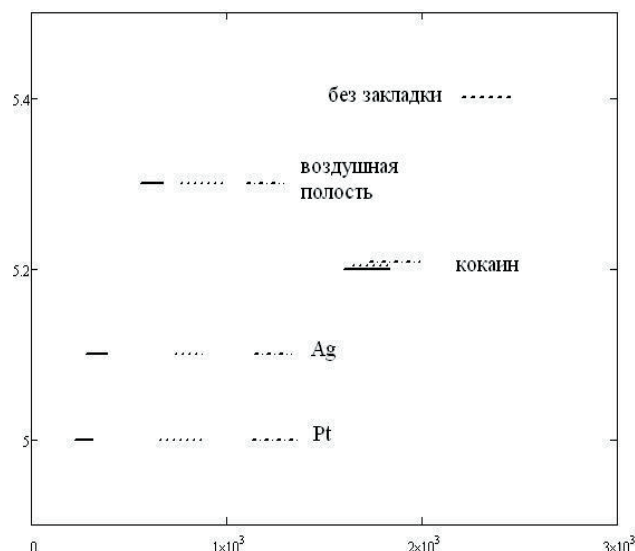


Рис. 5. Доверительные интервалы закладок в преграде из бетона

Из рис. 5 видно, что при глубине закладок 5 мм закладки различимы друг от друга, кроме платины и серебра.

При глубине 10 мм и 15 мм закладки из воздуха, серебра и платины не различимы друг от друга. Закладка из кокаина хорошо разделяема от других типов закладок.

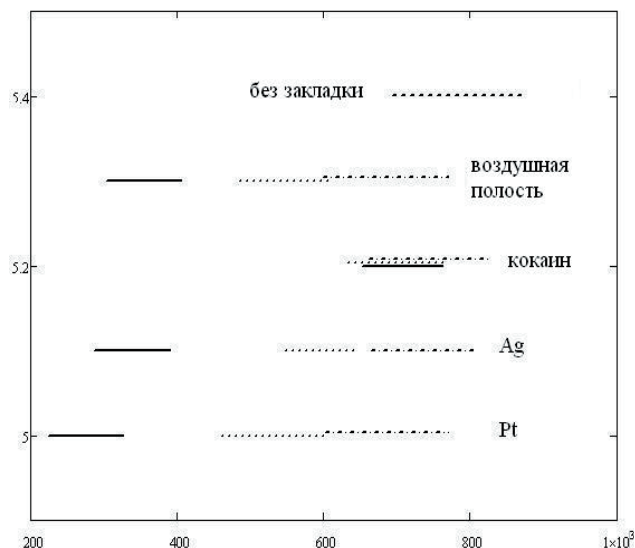


Рис. 6. Доверительные интервалы закладок в преграде из стали

Из рис. 6 видно, что при геометрии 5 мм и 10 мм закладки из воздуха, серебра и платины не различимы друг от друга, а кокаин от преграды и других типов закладок при глубине 15 мм. При геометрии 15 мм все типы закладок не различимы или плохо различимы друг от друга, а особенно, что важно, от преграды.

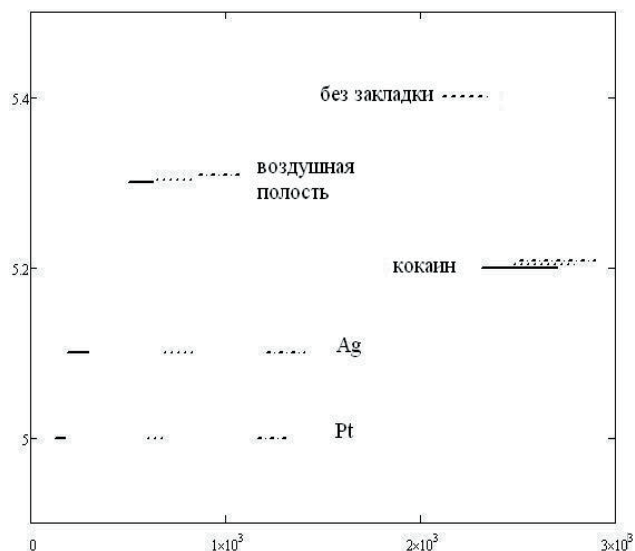


Рис. 7. Доверительные интервалы закладок в преграде из дерева

Из рис. 7 видно, что при глубине закладок 5 мм хорошо различимы друг от друга все типы представленных закладок (у кокаина и преграды есть небольшое

пресечение доверительных интервалов). При глубине 10 мм закладки из воздуха, серебра и платины не различимы друг от друга, однако закладка из кокаина хорошо разделима от других типов закладок. При глубине закладок 15 мм закладки различимы друг от друга, кроме платины и серебра.

Выводы

По полученным результатам моделирования можно сделать следующие выводы:

- применение метода скоростей счета для определения наличия и идентификация кокаина в данной группе исследуемых материалов и геометрий, оправданно для всех рассматриваемых преград, кроме стальной;
- применение метода скоростей счета для определения наличия серебра и платины при толщинах преграды 5 мм для данного набора материалов возможно, однако невозможно отделить серебро от платины; при толщинах 10 мм и 15 мм можно говорить лишь о наличии полости или закладки вообще (то есть платина и серебро неотделимы от воздушной полости);
- за стальной преградой 15 мм невозможно определить ни наличие самой полости, ни закладки в ней.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение исследуемого набора материалов и геометрий, а также на исследование возможности идентификации материала закладки по спектру регистрируемого рассеянного излучения.

Литература

1. Дубровкина М.В. Перспективы применения детектора скрытых пустот на основе эффекта обратного рассеяния гамма-излучения при контроле транспортных средств // Дубровкина М.В. Калюжный А.В. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2010: Збірка наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2010. – С. 27-31.
2. Калюжный А.В. Исследование методов контроля скрытых пустот различными способами / А.В. Калюжный // Адаптивні системи автоматичного управління: Міжвідомчий науково – технічний збірник. – Днепропетровск: Системні технології, 2007. – Выпуск 10 (30). – С. 54-62.
3. Инструментарий для имитации прохождения частиц через вещество Geant4 [Электронный ресурс]. – Электронные текстовые данные (7065 bytes). – Режим доступа: <http://geant4.web.cern.ch/geant4> Friday, 26 March 2010 14:14:22.